

Partial Translation of Japanese Patent Application
Publication No. Sho 44-17007

Electric discharge sintering so termed in the present invention is performed in the following manner. Metal or alloy powder of e.g. approximately 50 to 200 mesh to be sintered is charged into a predetermined sintering mold which is normally composed of graphite. An extremely low pressure of approximately 0.5 to 10 Kg/cm³ is applied to this powder in one direction or in opposite directions by pressure members (normally composed of graphite) which normally serve also as energization electrodes, and concurrently, a substantially pulsating electric current of approximately 1,000 A/cm² which is smaller than 3,000 A/cm² in the case of conventional energization sintering is fed to cause an electric discharge between powder particles, and to uniformly heat the powder by Joule heat. This electric current is fed from a DC power supply with a relatively low voltage and a large current and an AC (or AC-bias) power supply with a voltage which is equal to or higher than the voltage of the DC power supply, a current which is lower than the current of the DC power supply (which is e.g. approximately a third of the current of the DC power supply), and a frequency of approximately 200 to

2,000 C/S. As the case may be, a high-frequency power supply with a frequency which is higher than the above frequency may be used. When the volume of the powder aggregate changes during the energization, the pressure member moves in response to the volume change to maintain, gradually increase, or gradually decrease the pressure. In this manner, a heating effect of the Joule heat generated by the electric discharge between the powder particles is effectively maintained, and (diffusion) bonding between powder particles is achieved by the heating effects of the electric discharge and the Joule heat, and by ion diffusion effects of an electric field and an electric current caused by the electric discharge and the energization. Energization is performed for approximately several seconds to several hundred seconds, depending upon a relationship between the amount of powder to be sintered and the capacity of the power supply (an energization period depends upon the size of a sintered body, but is normally several minutes or below). Approximately at a time when the energization is stopped (normally, at a time which is a little or several seconds earlier than the time when the energization is stopped), a compression pressure of approximately 100 Kg/cm² or more is applied to the sintered body by the pressure members so that the length

of the sintered body reaches a predetermined compression length. While the sintered body is cooled to some extent, this compression pressure is maintained, or otherwise, the compression pressure is dropped to zero so as not to continuously apply a pressure to the sintered body unless the volume of the sintered body exceeds the limit after the length of the sintered body reaches the predetermined compression length. In this manner, sintering is completed.

In the above Examples, aluminum, cast iron, copper, brass, and stainless steel are described as examples of metal and alloy to be mixed with fiber carbon. However, other metals and alloys such as iron and its alloy, and lead and its alloy can be used.

SCOPE OF CLAIM FOR A PATENT

1. A method for producing a porous low-friction material, comprising the steps of:

charging, into a sintering mold, mixture powder consisting of 1 vol% to 40 vol% of fiber carbon and the remaining percentage of metal or alloy powder; and

performing electric discharge sintering by applying a compression pressure and a large electric current of a high voltage to the mixture powder.

⑤4多孔性低摩擦材料の製造方法

②1特 願 昭41-20390

②2出 願 昭41(1966)4月1日

②3発 明 者 井上潔

東京都世田谷区玉川用賀町3の
182

②4出 願 人 ジャパックス株式会社

東京都港区芝4の1の21

代 表 者 大林徹郎

発明の詳細な説明

本発明はピストンオイルリング、ベアリング、その他の軸受等の摩擦摺接部に使用する低摩擦材料の製造方法に関する。

近時低摩擦材料として粉末冶金焼結に成る、例えば含油軸受等が多く使用されるようになって来たが、その材料としては海綿鉄粉、溶射鉄粉、粉碎鉄粉、電解鉄粉等を使用する純鉄系のものと、溶射、電解錫粉と電解銅粉若しくは之に鉛粉を添加した所謂青銅を使用する銅系のものの2種類程度しかなく、強度的に充分大きなものが得られず、その含油気孔も約10~30%程度は外部への連通性がない所謂めくら孔で、含油気孔として役に立たないもののがかなりあり、又摩擦係数も充分小さくないため温度上昇が比較的大きくて寿命等も充分永くなく、製作が比較的面倒で時間がかかり、高価である等の欠点があつた。又ピストンオイルリングとしては例えば鋳鉄等の鉄系或はアルミ系の金属、合金を材料とし、之を鋳造した管状体を切断すること等に依つて製作しているが、精度が約±0.5mm程度のオーダーでかなり悪く含油性もないから充分低摩擦とすることができなかつた。

本発明は、例えば前記含油軸受として、使用する金属、合金の種類を拡大し、抗折力等の強度並びに硬度等も従来のものよりも増大すると共に軸受体としての密度、気孔率が広範囲にわたつて自由に変えられ、かつこの密度、気孔率の選択に依

つて前記強度が変えられるだけでなく、前記気孔のめくら孔は殆んど0%で、気孔の外部連通性が100%で含油効果を十分に達することができ、機械的な変形加工性も約20%程度以上あり、更に従来の含油軸受よりも低摩擦で、製作も比較的簡単な製造方法並びに該製造方法に依つて得られる低摩擦材料を提案するもので、体積比で1~40%のファイバーカーボンと残部が金属または合金粉末とからなる混合粉末を放電焼結することを特徴とするものである。

本発明に於て言う放電焼結とは、焼結すべき金属、合金の例えば約50~200メッシュの粉末を所定の通常黒鉛から成る焼結成形型に充填し、該粉末に通常通電々極を兼用する押圧体(通常黒鉛製)に依つて約0.5~1.0kg/cm²程度の極めて軽い圧接圧力を一方若しくは対向方向から与えた状態で、比較的低電圧、大電流の直流電源と、該直流の電圧と同程度かより高い電圧で直流の電流よりも少ない(例えば約1/3前後)電流の、周波数約200~2000C/S程度の交流若しくは偏倚交流電源とから、或は場合に依つては前記周波数よりも高い周波数の高周波電源を併用して、実質的に脈流状とした電流を従来の通電焼結の場合の3000A/cm²前後に比しては約1000A/cm²程度で比較的小さいが大電流の電力を供給して粉末間放電を生ぜしめると共にジュール熱加熱を均一に行い、この通電中に前記粉末集合体の体積変化があれば、前記圧接圧力を維持するか徐々に増大若しくは減少するように前記押圧体を追従せしめて、前記粉末間放電ジュール熱に依る加熱作用を効果的に継続せしめ、放電並びにジュール熱に依る加熱作用と放電並びに通電の電界、電流に依るイオン拡散作用に依り粉末間の(拡散)結合を行い、焼結すべき粉末の量と電源容量との関係に於て、約数秒乃至数100秒(焼結体の大きさにも依るが通常数分以下)の短時間通電を行い、通電停止と同時若しくは相前後して(通常通電停止より僅か若しくは数秒程度早く)前記押圧体に

依り所定の圧縮長さとなる約100kg/cm²程度以上の圧縮圧力を加え、或る程度の冷却が進行する間この圧縮圧力を維持するか、或は所定の圧縮長さの圧縮を行つた後、リミットに依つて焼結体の体積膨張がない限りそれ以上圧力が継続して加わらないように圧縮圧力を零として焼結を終了するものである。

次に本発明を実施例に依り説明する。

実施例 1

先づ本発明に使用する前記ファイバーカーボンの実施例製造例について説明すると、塩化ビニールを窒素気流中で280~300℃程度に加熱してこれを炭化し、次いで260~270℃の温度において200m/sの速度で線引きして直径10μφ長さ数10~数100mm若しくはそれ以上の炭素系を作り、これをオゾン雰囲気中で70℃、3時間程度表面酸化をした後、窒素気流中で1100℃に加熱炭化して得ることができる。

このようにして得られるファイバーカーボンとアルミ(A1)との混合体を軸受金属とする外径約20mmφ、内径約14mmφ、長さ約10mmの含油軸受を製造した場合に付いて説明すると、アルミは従来通常の圧縮成形炉中焼結に依つては焼結が極めて困難と言うよりも殆んど不可能な金属であるが、前述放電焼結に依れば次のように簡単に焼結できる。

前記ファイバーカーボンと150メツシュのアルミ粉末とを体積比で約3:7の割合で混合した粉末を、製作する軸受の密度、気孔率、強度等に応じて約3.5~6.5g/cc用意し、これを約14mmφ黒鉛棒体と内径約20mmφの黒鉛筒状体の同軸体の隙間に両側から外径約20mmφ、内径約14mmφの黒鉛短筒電極を嵌合するようにした内部に充填し、該短筒電極に黒鉛板を圧接して配置すると共に、上下若しくは左右方向より圧縮圧力が油圧若しくは水圧装置に加えられるように構成し、頭初初期圧として約7kg(即ち約4.37kg/cm²)を印加し、直流電流約380A、約450パルスの偏倚交流電流約130Aを供給すると、前記混合粉末は放電並びにジュール熱に依り加熱されて収縮して行き、約57秒後に前記圧力を約230kgの圧縮圧力として圧縮長さのリミット迄圧縮し、約60秒後に電源を切つた所焼結成形が行われた。

そして、この焼結体の密度は約2.68g/cm³

(即ち真比重の約99~100%)、気孔率約4.5%、圧環強度約16~20kg/cm²、抗折力約35~45kg/cm²、硬度は通常のアルミが約23~28HVなのに対し約33~40で前記の気孔率はほぼ約100%相互並びに外部に通じており、メクラ孔は殆んど零で通気率約100%、含油率は空气中に於て気孔の約70~80%に迄可能であり、之を減圧中で行うと約20mmHgで100%の含油率となつた。

そして上記アルミ、ファイバーカーボン焼結体を含油軸受として使用した所、その摩擦係数は従来の鉄系及び銅系の含油軸受よりも小さく、従来の鉄系含油軸受が荷重をかけた約2000R.P.Sの回転に於て約100時間当り約100℃以上の温度上昇があつて、約300時間程度の連続耐久時間がないのに対し、上記本発明製造方法になる焼結体の含油軸受は上記と同一条件で、約250時間当りの温度上昇が約50℃程度であり、連続耐久時間は約600時間であつた。しかしてこのように摩擦係数が小さいのは前記の硬度からして焼結体中にはほぼ均一に重量比で約2~3%前後の酸化アルミが含まれていて、この酸化物が軸受面に於て僅かずつながら熱等に依り分解して酸素ガスを生成し介在するためと、ファイバーカーボンの潤滑性によるためであると考えられるが、未だ明確には判明していない。又上記の如き放電焼結を行うと焼結成形体は長さ方向に密度分布が生じ、中央部の密度が小で両端部が大となる傾向があるので、含油軸受として使用するのに好都合であつた。

又以上の如きアルミ、ファイバーカーボンの焼結は密度を約100%とする焼結条件の1例であつて、充填する混合粉末の量を少なくして前記と同一大きさの軸受焼結体を製造するようにすると、初期圧力、電流、焼結時間等の条件を上記とほぼ一定とし、電流を幾分減少させると共に上記粉末充填量に応じて最終圧縮圧力を減少若しくは圧縮圧力が大きくても圧縮長さを形状リミットにより限るようにすれば、焼結体として密度約1.5~2.68g/cm³(約50~100%)、気孔率4.5~4.5%のものが任意製造でき、この密度、気孔率等に応じて圧環強度約1~20kg/mm²、抗折力約0.5~45kg/mm²とすることができる。又ファイバーカーボンと金属粉末との混合割合は、

体積比で1~40%をカーボンファイバーカーボ

ンとしたものまでが適当で、1%未満ではファイバーカーボンを混入する効果が殆んどあられず、また40%を超えても気孔の通気性、密度分布、硬度など摩擦材料としての特性に顕著な効果はあられなかつた。

又上記の実施例に於ては放電焼結時間を約60秒とかなり永くしたが、供給電力を増大することに依つて前記焼結時間を数秒程度に著しく短かくして、上記と同様の特性の軸受を製造することができる。即ち前記同様の軸受を製造するに当り、初期圧力を約7kgとし、直流電流約3000A、偏倚交流電流約1000Aとすると、約3秒で最終圧縮圧力を約230kgとして2秒後に加えることに依り焼結することができる。

又軸受潤滑材として用いられる二硫化モリブデンを予め重量比で数%、例えば約5%添加混合したものに於ても前述の場合と同様の条件で焼結でき、優れた特性の軸受を製造することができた。

実施例 2

次に鑄鉄の放電焼結の1例に付いて説明すると、前記アルミ、ファイバーカーボンの場合と同一の軸受焼結に於て、約100メツシュの鑄鉄粉末とファイバーカーボンとを体積比で8:2の割合で混合し、これを得られる焼結成形品の密度に応じて約12~15g/cm³とし、初期圧力約7kg、最終圧縮圧力約250~450kgとして、種々変化するが、或は最終圧力を約360kgの一定として前記粉末の量を増減するようにして、供給電力は最大で直流電流約950A、交流電流約300Aとすると、約60秒で焼結が完了し、密度約4.3~7.2g/cm³、気孔率約10~45%、圧環強度は約15.0~28kg/mm²となる。この場合も焼結用供給電力を増大すれば焼結時間が短縮されるだけで同様焼結が行われることは前記アルミ、ファイバーカーボンの場合と同様で、従来通常の焼結方法に依つては焼結が困難な鑄鉄が以上の如く簡単に密度、気孔率、抗折力を任意に変化して焼結することができ、その焼結体としての例えば気孔の通気性、密度分布、硬度等は前記の場合とはほぼ同様であつた。

実施例 3

次に鋼材の放電焼結の1例に付いて説明すると、前記の場合と同一の軸受構成体の焼結に於て、約100メツシュの銅粉末とファイバーカーボンとを体積比で85:15の割合で混合し、これを

得られる焼結成形品の密度に応じて約11~15g/cm³とし、初期圧力約7kg、最終圧縮圧力を約200~500kgとして種々変化するが、或は約300kg程度の一定として前記粉末の量を増減すると共に5に圧縮長さのリミットを設けるようにし、供給電力は最大で直流電流約1000A、交流電流約300Aとすると約60秒で焼結が完了し、密度約4.5~7.0g/cm³、気孔率約10~60%、圧環強度は約15~40kg/mm²、抗折力は密度約5.5~5.7g/cm³のものが約37kg/mm²程度となつた。

実施例 4

次に黄銅（銅：亜鉛=7:3）の放電焼結の1例に付いて説明すると、前記の場合と同一軸受構成体の焼結に於て、約100メツシュの黄銅粉末とファイバーカーボンとを体積比で7:3の割合に混合し、これを得られる焼結成形品の密度に応じて約12~20g/cm³とし、初期圧約7kg、最終圧縮圧力を約250~400kgとして種々変化するが、或は約300kg程度の一定として前記粉末の量を増減すると共に圧縮長さのリミットを設けるようにし、供給電力は最大で直流約650A、交流約300Aとすると約60秒で焼結が完了し、密度約4.5~8.3g/cm³、気孔率約3~45%、圧環強度は約7.5~21.5kg/mm²、抗折力は密度約8.0g/cm³のものが約40kg/mm²程度となつた。又青銅等の銅系合金も同様に焼結できる。

実施例 5

次にステンレスチールの放電焼結の1例に付いて説明すると、ステンレスチールは従来の焼結方法に依ればその焼結は殆んど不可能であるが、本発明に依れば約20mmφ、5mm厚の円板を製作するに、約80メツシュのステンレスチール粉末とファイバーカーボンとを体積比で約9:1の割合に混合し、これを得られる焼結成形品の密度に応じて約12~16g/cm³とし、初期圧約14kg、最終圧縮圧力を約650~850kgとして種々変化するが、或は約750kg程度の一定として、前記粉末の量を増減すると共に圧縮長さのリミットを設けるようにし、供給電力は最大で直流電流約1000A、交流電流約300Aとすると約20秒で焼結が終了し、密度約5.0~7.0g/cm³、気孔率約15~40%程度とすることができ、軸受部品として使用し得るだけでなく、耐薬品性の液フィルターとしても使用することができる。

尚上記実施例にはファイバーカーボンと混合すべき金属または合金の具体例として、アルミ、鋳鉄、銅、黄銅およびステンレススチールなど多数のものを例示したが、さらに本発明は他の金属、または合金、例えば鉄およびその合金、鉛およびその合金、その他のものを用いることができる。

以上詳述したように本発明に依れば、気孔を有する低摩擦材料として、使用する金属、合金の種類を拡大して従来焼結が困難又は不可能であつた金属、合金等が使用できると共に、これにファイバーカーボンを体積比で1~40%添加混合することにより、抗折力等の強度並びに硬度が従来の焼結に依るものよりも増大すると共に、焼結体としての密度、気孔率が広範囲にわたつて自由に換えられる焼結ができ、かつこの密度、気孔率を焼結金属、合金粉末の量若しくは放電焼結の最終圧

縮圧力に依つて変えられると共に、之に伴つて前記強度が変えられるだけでなく、前記気孔の外部への連通性は殆んど100%でめくら孔が殆んどないため含油効果も充分達することができ、機械的な変形加工性もあつて、従来の含油軸受よりも低摩擦長寿命のものが得られ、その製作も前述の如く放電焼結に依れば一工程ですむから比較的簡単であつて安価確実に製作できる等の効果を奏する。

10 特許請求の範囲

1 体積比で1~40%のファイバーカーボンと残部が金属、または合金粉末とからなる混合粉末を焼結成形型に充填し、これに圧縮圧力と低電圧、大電流の通電を加えて放電焼結することを特徴とする多孔性低摩擦材料の製造方法。